

УДК 658.26:621.31

С. В. Бурій; В. В. Халімов, к. т. н., доц.

ОЦІНКА МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ НА ПРИКЛАДІ ВУГІЛЬНОЇ ШАХТИ

У статті наведено результати порівняння методів прогнозування електроспоживання підприємством на прикладі вугільної шахти («Центросоюз» ДТЕК, Луганська обл.), виконані із застосуванням графіків електричних навантажень (ЕН), багатофакторних регресійних моделей і часових рядів. Викладено основні положення збору та обробки експериментальних даних і побудови моделей. На підставі досліджень рекомендовано області застосування методів для прогнозування електроспоживання.

Ключові слова: методи прогнозування, системи електроспоживання, багатофакторні регресійні моделі, часові ряди.

Вступ

У зв'язку з підвищенням рівня механізації процесів видобутку вугілля, упровадженням нових, більш потужних і продуктивних вугледобувних машин безперервно зростає електроспоживання вугільних підприємств.

У цих умовах особливого значення набувають заходи, спрямовані на підвищення економічності електроспоживання, оскільки вартість електричної енергії, витраченої на видобуток вугілля, становить істотну частину балансу його собівартості (до 30%). Використання електроенергії характеризується енергетичними показниками, що дозволяють визначити якість експлуатації електрогосподарства та якість проектування на стадії проектних робіт.

Серед проблем визначення кількості електроенергії, споживаної підприємством, актуальними є вдосконалення методів розрахунку необхідної кількості електроенергії та розробка нових методів прогнозування електроспоживання (ЕС), тому що застосовувані сьогодні методи розрахунку ЕН [1], рекомендовані нормативними галузевими документами, дають значну похибку, яку неможливо оцінити за допомогою математичних критеріїв [2, 3].

Метою роботи є розробка методів прогнозування ЕС шахт та їхніх структурних підрозділів із заданою точністю в межах і за межами зміни чинників впливу.

У практиці визначення електричних навантажень і електроспоживання методи розрахунку можна розділити на дві групи: емпіричні та аналітичні [3].

До недоліків цих методів належить обмеженість галузей застосування – низьковольтні ділянки та групи споживачів. Так практика проектування показує, що розрахунки навантажень загалом по підприємству дають значну похибку (до 135%).

Методика збору та обробки експериментальних даних

Для виконання завдань, поставлених у роботі, було розроблено методику, яка складається з таких етапів: збір експериментальних даних про споживання електричної енергії, виконання аналізу та первинної обробки експериментальних даних, оцінка можливості застосування традиційних методів розрахунку (методів коефіцієнтів), вибір типу моделей для виконання прогнозів і перевірка адекватності результатів прогнозу.

Процес електроспоживання належить до випадкових процесів, і для того, щоб мати право досліджувати характеристики генеральної сукупності за вибіркою, вона повинна бути випадковою й відповідати способу її утворення [4].

Для аналізу можливості застосування вищеперерахованих методів розрахунку

електричних навантажень, для прогнозування були використані графіки навантаження: добові, місячні, річні – та коефіцієнти, що характеризують ці графіки. За графіками навантаження (річними) були побудовані графіки зміни коефіцієнтів, проведена оцінка динаміки і ступінь впливу зміни основного чинника – видобутку вугілля на показники електроспоживання шахти.

Для оцінки динаміки зміни коефіцієнтів і можливості застосування їх для прогнозування електричних навантажень і електроспоживання обчислені відношення значень коефіцієнтів наступного до попереднього $\left(\frac{K_{\text{нод}}}{K_{\text{нопер}}} \right)$. Такий підхід зумовлений тим, що для обчислення

навантажень і електроспоживання використовують коефіцієнти попереднього року роботи підприємства. Значення відношення дозволяє обчислити різницю між величинами коефіцієнтів і внесу похибку під час визначення навантажень. Фактичне значення коефіцієнтів подальшого року обчислювали за даними системи АСКОВЕ, зібраними в перебігу поточного.

Обчислені значення $\left(\frac{K_{\text{нод}}}{K_{\text{нопер}}} \right)$ показують, що під час планування навантажень і електроспоживання можливе отримання помилки в межах 4 – 20%.

На підставі проведеного огляду методів розрахунку ЕН для перспективного планування пропонуємо застосувати метод регресійного аналізу, оскільки він дозволяє проводити обробку експериментальних даних сучасними засобами й методами оцінки в умовах різноманітності спостережень і можливої наявності викидів, спряженості незалежних змінних регресій. Також дозволяє виконати оцінювання параметрів регресії за наявності помилок вимірювання, які є практично в будь-якій ситуації.

Отримано математичну регресійну модель для короткотермінового прогнозу споживання ЕЕ за показниками роботи підприємства за вересень:

$$P = 58 + 0,407Q_1 + 2,7006L_2,$$

де P – споживання ЕЕ, Q_1 – добування вугілля за добу по шахті, L_2 – явочний склад робітників за той же час.

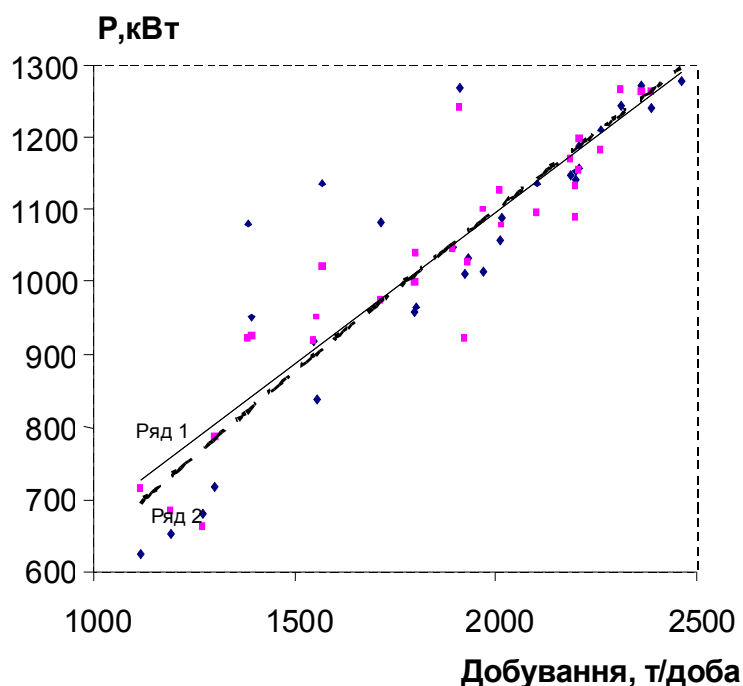


Рис. 1. Планування електроспоживання на такий період:
ряд 1 – споживання за вересень по шахті 2011 р.;
ряд 2 – оціночний прогноз на жовтень 2011 р.

Отримано коефіцієнти множинної детермінації і множинної кореляції для цієї моделі, зроблено оцінку дисперсії параметрів моделі і виконано перевірку адекватності моделі за критеріями Фішера і Стюдента. Показано, що модель адекватна емпіричним даним. Отримано точковий прогноз електроспоживання з прогнозною оцінкою 1043,47 кВт та інтервальний прогноз споживання ЕЕ, а також розрахунок середніх і граничних показників. Оціночний прогноз на наступний місяць (жовтень – ряд 2) порівняємо з реальними даними (ряд 1) і побачимо, що він достатньо точний (див. рис. 1).

Для середньотермінового прогнозу взяті дані по електроспоживанню шахти за період з 2004 по 2010 р. Ці дані є сукупністю ознак, які об'єднують у масив, що є базою для отримання прогнозної моделі.

Для аналізу та первинної обробки даних (часових рядів) по електроспоживанню використовуємо пакет програм Statistica 6. Методику обробки даних докладно описано в [7]. Нижче наведені графіки електроспоживання з періодом в 1 місяць за 7 років.

Часовий ряд, який складається з місячних показників електроспоживання шахти, по виду є однорідним стаціонарним. Приймаємо в якості базової моделі для його обробки універсальну модель авторегресійного проінтегрованого ковзного середнього (АРПСС).

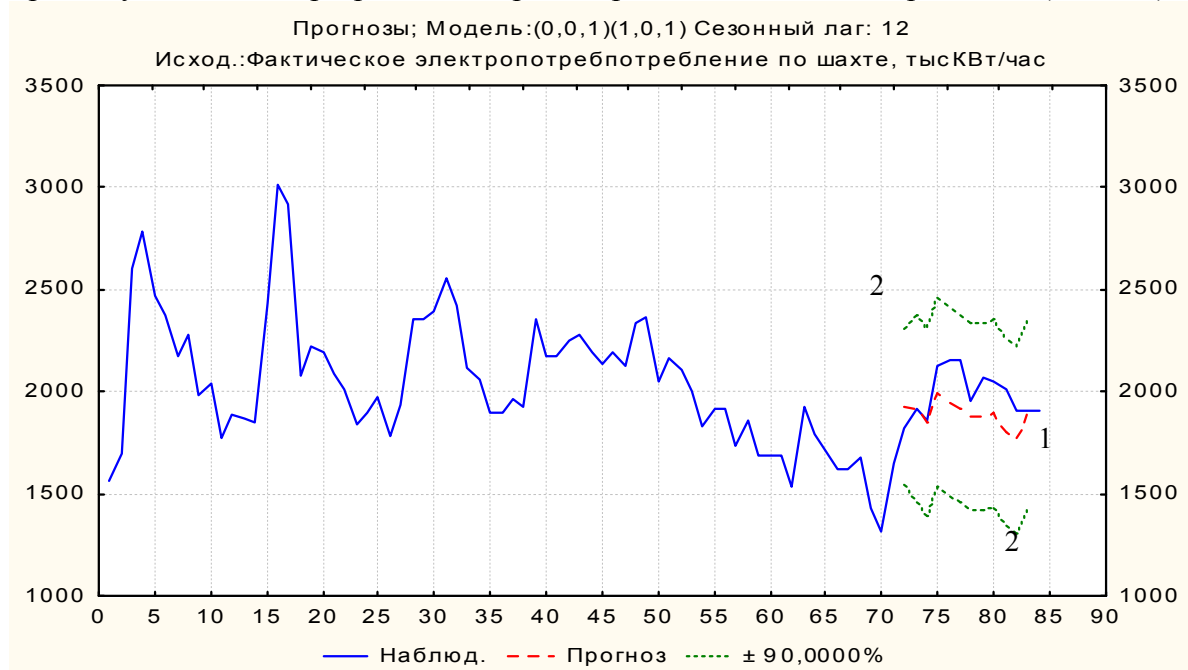


Рис. 2. Динаміка зміни споживання електроенергії за 7 років з прогнозом на 12 місяців

Крива прогнозних даних показана пунктирною червоною лінією – 1, а довірчі інтервали – двома зеленими пунктирними лініями – 2, які показують діапазон відхилень і представлені на рис. 2.

Із графіка, показаного на рис. 2, видно, що прогнозна крива практично повторює фрагмент кривої вихідного ряду, причому всі спостережувані значення ряду потрапляють у довірчий інтервал.

Висновки

Методи розрахунку електричних навантажень і електроспоживання за допомогою коефіцієнтів під час планування та прогнозування можуть давати значну похибку, тому область їхнього застосування – це контроль за показниками електроспоживання підприємства в режимі поточного часу.

Проведено оцінку значущості цих чинників і сформульовано завдання подальших

досліджень для управління електроспоживанням підприємства. Дослідження процесу електроспоживання за допомогою наведеної моделі дозволяє розраховувати кількість замовленої ЕЕ підприємством на майбутній період із більшою точністю й математично обгрунтованою похибкою. Також за допомогою цієї методики можна отримати регресійні моделі з урахуванням інших чинників.

Встановлено, що використання сучасних статистичних методів обробки експериментальних даних дозволяє з достатньою для промислових цілей точністю прогнозувати потребу в електроенергії на середньострокову перспективу. Це дозволить отримати істотну (до 5%) економію.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Эффективное использование электроэнергии и топлива в угольной промышленности / [Волощенко Н. И., Островский Э. П., Мялковский В. И. и др.] ; под ред. Э. П. Островского, Ю. П. Миновского. – М. : Недра, 1990. – 407 с.
2. Руководящий технический материал. Указания по расчету электрических нагрузок: РТМ 36.18.32.4-92: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 1992. – №6 – 7. – С. 4 – 27.
3. Грядущий Б. А. Баланс электропотребления угольных шахт: Справочное пособие / Грядущий Б. А., Халимов В. В., Стукан Р. Н. – Донецк: ООО «Юго-Восток, ЛТД», 2005. – 250 с.
4. Электрические нагрузки промышленных предприятий / [Волобринский С. Д., Каялов Г. М., Клейн П. Н., Мешель Б. С.]. – Л. : Энергия, 1971. – 264 с.
5. Шидловский А. К. Введение в статистическую динамику систем электроснабжения / А. К. Шидловский, Э. Г. Куренный. – К.: Наукова думка, 1984. – 271 с.
6. Бурый С. В. Разработка метода перспективного планирования электропотребления с применением регрессионных моделей / С. В. Бурый // Кривой Рог. Технические средства и информационные системы, используемые для реализации функций управления. Вестник. – 2013. – № 3. – С. 64 – 68.
7. Сучасні проблеми систем електропостачання промислових та побутових об'єктів : зб. наук. праць за матеріалами Всеукраїнської наук.-техн. конф. викладачів і студентів, 17 – 18 жовт. 2013 р. / відп. ред. О. П. Ковальов. – м. Донецьк «ДВНЗ»ДонНТУ, 2013. – 195 с.

Бурій Сергій Валерійович – магістр, асистент кафедри гірничої енергомеханіки та обладнання, e-mail: sb112@yandex.ru.

Халімов Володимир Володимирович – к. т. н., доцент кафедри гірничої енергомеханіки та обладнання, e-mail: sb112@yandex.ru.

Донецький державний технічний університет.